

VIBRATION SUPPRESSOR AND ALIGNER

Patent Number: JP9330874
Publication date: 1997-12-22
Inventor(s): MORI FUTOSHI; TAKAHASHI MASATO
Applicant(s): NIKON CORP
Requested Patent: ☐ JP9330874
Application Number: JP19960168366 19960607
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L21/027; G03F7/20
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the suppression effect of disturbance vibration regardless of the moving position of a stage.

SOLUTION: When an apparatus body 40 is vibrated due to movement of a stage, the vibration is detected by an acceleration sensor 5 and the displacement of the body 40 is detected by a displacement sensor 10. Furthermore, moving position of the stage is measured by interferometers 30x, 30Y. During deceleration of the stage, a CF operating section 66 previously detects the shaking amount of the apparatus body 40 due to positional variation of the stage based on the outputs from the interferometers 30x, 30Y and then feeds forward a command value of counter force optimal to suppress yawing of the body 40 to a vibration control system based on the shaking amount thus predicted. The vibration control system controls driving of actuators 7A-7D, 32A-32C based on the output from each sensor and a command value inputted by feed forward.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (UCDTN)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-330874

(43) 公開日 平成9年(1997)12月22日

(51) IntCl ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 0 3 F
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1
			H 0 1 L 21/30	5 0 3 B
				5 1 5 F
				5 1 8
審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 9 頁)				

(21) 出願番号 特願平8-168366

(22) 出願日 平成8年(1996)6月7日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 森 太

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 高橋 正人

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

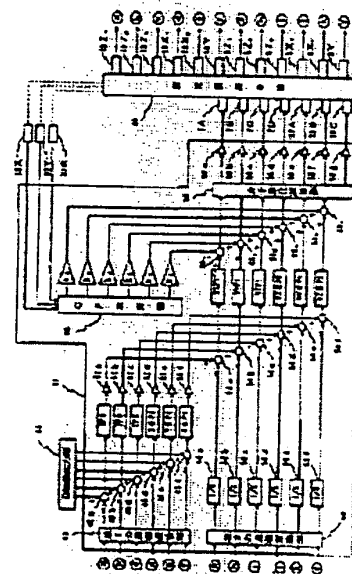
式会社ニコン内

(74) 代理人 弁護士 立石 篤司 (外1名)

(84) 要約の名称 除振装置及び露光装置

【課題】 ステージ移動位置の影響を受けることなく、外乱振動の抑制(制振)効果を向上させる。

【解決手段】 ステージの移動により装置本体40が振動すると、この振動が加速度センサ5で検出され、本体40の変位が変位センサ10で検出される。また、ステージの移動位置は干渉計30X、30Yにより計測される。ステージの加減速時には、CF演算部66では干渉計30X、30Yの出力に基づいてステージの位置の変動による装置本体40の加振量を予め予測し、この結果に基づいて本体40のヨーイングを抑制するのに最適なカウンターフォースの指令値を振動制御系にフィードバック入力する。振動制御系では各センサの出力、及びフィードバック入力された指令値に基づいてアクチュエータ7A~7D、32A~32Cを駆動制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも3個の除振パッドを介して水平に保持された除振台と；前記除振台上で移動する少なくとも一つのステージと；前記除振台を異なる箇所から鉛直方向に駆動する少なくとも3つのアクチュエータを含む複数のアクチュエータと；前記除振台の変位を検出する1又は2以上の変位センサと；前記除振台の振動を検出する1又は2以上の振動センサと；前記変位センサ及び振動センサの出力に基づいて前記除振台の振動を抑制するように前記各アクチュエータを駆動制御する振動制御系と；前記各ステージの移動位置を計測する位置計測手段と；前記ステージ加減速に伴う反力による前記除振台を含む装置本体の加振を防ぐため、その反力と逆向きの力であるカウンターフォースの指令値を前記振動制御系にフィードフォワード入力する振動補償系とを備え、前記振動補償系は、前記ステージの加減速時に、前記位置計測手段の出力に基づいてステージの位置の変動による前記装置本体の加振量を予め予測し、この予測結果に基づいて前記装置本体のヨーイングを抑制するのに最適なカウンターフォースの指令値を前記振動制御系にフィードフォワード入力することを特徴とする除振装置。

【請求項2】 マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板ステージ上の感光基板上に転写する露光装置であって、前記請求項1に記載の除振装置を露光装置本体の除振装置として具備することを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、除振装置及び露光装置に係り、更に詳しくは、除振台の振動を打ち消すようにアクチュエータにより除振台を駆動する、いわゆるアクティブ方式の除振装置及びこの除振装置を備えた露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置、即ちいわゆるステッパ等の精密機器の高精度化に伴い、設置床から定盤（除振台）に作用する微振動をマイクロGレベルで絶縁する必要が生じている。除振装置の除振台を支持する除振パッドとしてはダンピング液中に圧縮コイルバネを入れた機械式ダンパや空気式ダンパ等種々のものが使用され、除振パッド自体がある程度のセンタリング機能を備えている。特に、空気式ダンパを備えた空気バネ除振装置はバネ定数を小さく設定でき、約10Hz以上の振動を絶縁することから、精密機器の支持に広く用いられている。また、最近では従来のパッシブ除振装置の限界を打破するために、アクティブ除振装置が提案されている。これは、除振台の振動をセンサで検出し、このセンサの出力に基づいてアクチュエータを駆動することにより振動制御を行う除振装置であり、低周波制御帯域に共振ピークの無い理想

的な振動絶縁効果を持たせることができるものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ステッパ等では、大きな加減速を行うXYステージ（ウエハステージ）が除振パッドに保持された定盤上に搭載されており、XYステージが移動する際、その加減速に伴う反力が露光装置本体を加振する。アクティブ除振装置では、ステージ加減速に伴う反力と同じ大きさで、逆向きの力すなわちカウンターフォースをフィードフォワードで入力しているが、ステージ移動量、ステージ加速度又はステージ質量が大きくなると、ステージ位置が目標位置と異なることによる露光装置本体の加振（主にZ軸回りの回転方向）を引き起こしてしまう。ステッパ等では、今後ステージ移動量、加速度、質量は更に大きくなり、精度は更に厳しくなることが予想され、この加振量がスペックアウトの要因になるおそれがあった。

【0004】 本発明は、かかる事情の下になされたもので、ステージ移動位置の影響を受けることなく、外乱振動の抑制（制振）効果を向上させることができる除振装置及びこれを備えた露光装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 請求項1に記載の発明は、少なくとも3個の除振パッドを介して水平に保持された除振台と；前記除振台上で移動する少なくとも一つのステージと；前記除振台を異なる箇所から鉛直方向に駆動する少なくとも3つのアクチュエータを含む複数のアクチュエータと；前記除振台の変位を検出する1又は2以上の変位センサと；前記除振台の振動を検出する1又は2以上の振動センサと；前記変位センサ及び振動センサの出力に基づいて前記除振台の振動を抑制するように前記各アクチュエータを駆動制御する振動制御系と；前記各ステージの移動位置を計測する位置計測手段と；前記ステージ加減速に伴う反力による前記除振台を含む装置本体の加振を防ぐため、その反力と逆向きの力であるカウンターフォースの指令値を前記振動制御系にフィードフォワード入力する振動補償系とを備え、前記振動補償系は、前記ステージの加減速時に、前記位置計測手段の出力に基づいてステージの位置の変動による前記装置本体の加振量を予め予測し、この予測結果に基づいて前記装置本体のヨーイングを抑制するのに最適なカウンターフォースの指令値を前記振動制御系にフィードフォワード入力することを特徴とする。

【0006】 これによれば、ステージの移動により装置本体が振動すると、この振動が振動センサで検出され、また、この振動に伴う装置本体の変位が変位センサで検出される。また、ステージの移動位置は位置計測手段により計測される。このステージの移動時における加減速時には、振動補償系では位置計測手段の出力に基づいてステージの位置の変動による装置本体の加振量を予め予測し、この予測結果に基づいて前記装置本体のヨーイン

グを抑制するのに最適なカウンターフォースの指令値を振動制御系にフィードフォワード入力する。振動制御系では変位センサ、振動センサの出力、及びフィードフォワード入力された指令値に基づいて除振台の振動を抑制するように各アクチュエータを駆動制御する。これにより、除振台の振動が効果的に抑制されると共にフィードフォワード入力された指令値に基づいて発生されたカウンターフォースによりステージの加減速に伴う反力の影響がキャンセルされ、また、ステージの位置の変動による装置本体のヨーイングも抑制される。従って、ステージの移動位置の影響を受けることなく、外乱振動の抑制(制振)効果を向上させることができる。

【0007】請求項2に記載の発明は、マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板ステージ上の感光基板上に転写する露光装置であって、前記請求項1に記載の除振装置を露光装置本体の除振装置として具備することを特徴とする。

【0008】これによれば、除振装置により、ステージの移動位置の影響を受けることなく、露光装置本体に対する外乱振動の抑制(制振)効果を向上させることができるので、結果的にステージの制御性が向上し、例えば走査型露光装置の場合は、走査露光時のマスクステージと基板ステージとの同期精度の向上、同期安定時間の短縮が可能となり、また例えば一括露光型の露光装置の場合は、基板ステージの位置決め精度の向上、位置決め安定時間の短縮が可能となり、いずれにしても露光精度の向上、スループットの向上を図ることが可能となる。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態について、図1ないし図4に基づいて説明する。

【0010】図1には、一実施形態に係るステップ・アンド・スキャン型の露光装置100の概略斜視図が示されている。この図1において、設置面としての床上に長方形板状の台座2が設置され、この台座2上に除振パッド4A~4D(但し、図1では紙面奥側の除振パッド4Dは図示せず)が設置され、これらの除振パッド4A~4D上に除振台としての長方形の定盤6が設置されている。ここで、後述するように本実施形態の露光装置100では投影光学系PLが使用されているため、投影光学系PLの光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に直交する平面内で定盤6の長手方向にY軸を、これに直交する方向にX軸を取る。また、それぞれの軸回りの回転方向をZ θ 、Y θ 、X θ 方向と定める。なお、以下の説明において、必要に応じ、図1中のX、Y、Z軸を示す各矢印の示す方向を+X、+Y、+Z方向、これと反対の方向を-X、-Y、-Z方向と区別して用いるものとする。

【0011】除振パッド4A~4Dは、それぞれ定盤6の長方形の底面の4個の頂点付近に配置されている。本実施形態の露光装置100では、除振パッド4A~4Dとして空気式ダンパが使用され、空気の圧力により除振

パッド4A~4Dの高さを調整できるため、その空気式ダンパは上下動機構の役目をも兼ねている。勿論、上下動機構を別に設けてダンピング液中に圧縮コイルばねを入れた機械式ダンパ等を除振パッドとして使用してもよい。

【0012】台座2と定盤6との間に除振パッド4Aと並列にアクチュエータ7Aが設置されている。アクチュエータ7Aは、台座2上に固定された発磁体より成る固定子9Aと定盤6の底面に固定されたコイルを含む可動子8Aとから構成され、制御装置11(図1では図示省略、図2参照)からの指示に応じて台座2から定盤6の底面に対するZ方向の付勢力、又は定盤6の底面から台座2に向かう吸引力を発生する。他の除振パッド4B~4Dにおいても、除振パッド4Aと同様にそれぞれ並列にアクチュエータ7B~7Dが設置され(但し、図1では紙面奥側のアクチュエータ7C、7Dは図示せず)、これらのアクチュエータ7B~7Dの付勢力又は吸引力もそれぞれ制御装置11(図1では図示省略、図2参照)により設定される。アクチュエータ7A~7Dの制御方法については、後述する。

【0013】定盤6の+X方向側の側面には、定盤6のZ方向加速度を検出する振動センサとしての加速度センサ5Z1、5Z2が取り付けられている。また、定盤6上面の+X方向端部には定盤6のX方向加速度を検出する振動センサとしての加速度センサ5X1、5X2が取り付けられ、定盤6上面の+Y方向端部には定盤6のY方向加速度を検出する振動センサとしての加速度センサ5Y1、5Y2が取り付けられている。これらの加速度センサ5Z1、5Z2、5X1、5X2、5Y1、5Y2としては、例えば半導体式加速度センサが使用される。これらの加速度センサ5Z1、5Z2、5X1、5X2、5Y1、5Y2の出力も制御装置11(図1では図示省略、図2参照)に供給されている。

【0014】また、定盤6の+X方向側の側面には、所定面積の矩形の金属板(導電性材料)231、232が貼り付けられている。本実施形態の露光装置100では、定盤6として非導電性材料であるセラミックス製の定盤が使用されており、金属板231、232に対向する位置に定盤のX方向変位を検出する変位センサ10X1、10X2(図1では図面の錯綜をさけるため図示省略、図2参照)が設けられている。これらの変位センサ10X1、10X2としては、例えば、渦電流変位センサが使用される。この渦電流変位センサによれば、予め絶縁体に巻いたコイルに交流電圧を加えておき、導電性材料(導電体)から成る測定対象に近づけると、コイルによって作られた交流磁界によって導電体に渦電流が発生し、この渦電流によって発生する磁界は、コイルの電流によって作られた磁界と逆方向であり、これら2つの磁界が重なり合って、コイルの出力に影響を与え、コイルに流れる電流の強さ及び位相が変化する。この変化

は、対象がコイルに近いほど大きくなり、逆に遠いほど小さくなるので、コイルから電気信号を取り出すことにより、対象の位置、変位を知る事ができる。この他、変位センサとして、静電容量がセンサの電極と測定対象物間の距離に反比例することを利用して非接触でセンサと測定対象物間の距離を検出する静電容量式非接触変位センサを使用しても良い。なお、背景光の影響を阻止できる構成にすれば、変位センサとしてPSD（半導体光位置検出器）を使用することも可能である。

【0015】また、定盤6上面の+X方向端部には所定面積の金属板233、234が貼り付けられている。これらの金属板233、234に対向して定盤6のZ方向変位を検出する渦電流変位センサから成る変位センサ10Z1、10Z2（図1では図示省略、図2参照）が設けられている。さらに、定盤6上面の+Y方向の側面には所定面積の金属板235が貼り付けられ、この金属板235に対向して定盤6のY方向変位を検出する渦電流変位センサから成る変位センサ10Y（図1では図示省略、図2参照）が設けられている。変位センサ10X1、10X2、10Z1、10Z2、10Yの出力も制御装置11（図1では図示省略、図2参照）に供給されている。

【0016】定盤6上には図示しない駆動手段によってXY2次元方向に駆動される基板ステージとしてのウエハステージ20が載置されている。このウエハステージ20は、定盤6上をY軸方向に移動するウエハY軸ステージ（以下、「WYステージ」という）20Yと、このWYステージ20Y上をX軸方向に移動するウエハX軸ステージ（以下、「WXステージ」という）20Xとから構成されている。更に、このWXステージ20X上にZレベリングステージ、 θ ステージ（いずれも図示省略）及びウエハホルダ21を介して感光基板としてのウエハWが吸着保持されている。また、定盤6上でウエハステージ20を囲むように第1コラム24が配置され、第1コラム24の上板の中央部に投影光学系PLが固定され、第1コラム24の上板に投影光学系PLを囲むように第2コラム26が配置され、第2コラム26の上板の中央部にレチクルステージ27を介してマスクとしてのレチクルRが載置されている。

【0017】WYステージ20Yの移動によるWXステージ20XのY方向の移動位置は、位置計測手段としてのY軸用レーザ干渉計30Yによって計測され、WXステージ20XのX方向の移動位置は、位置計測手段としてのX軸用レーザ干渉計30Xによって計測されるようになっており、これらのレーザ干渉計30Y、30Xの出力は制御装置11（図2参照）及び図示しない主制御装置に入力されている。Zレベリングステージは、Z軸方向の駆動及びZ軸に対する傾斜が調整可能に構成され、 θ ステージはZ軸回りの微小回転が可能に構成されている。従って、ウエハステージ20、Zレベリングス

テージ及び θ ステージによって、ウエハWは3次元的に位置決めが可能となっている。

【0018】レチクルステージ27は、レチクルRのX軸方向の微調整、及び回転角の調整が可能に構成されている。また、このレチクルステージ27は、図示しない駆動手段によってY方向に駆動されるようになっており、このレチクルステージ27のY方向位置は位置計測手段としてのレチクルレーザ干渉計30Rによって計測され、このレチクルレーザ干渉計30Rの出力も制御装置11（図2参照）及び図示しない主制御装置に入力されている。

【0019】更に、レチクルRの上方には、図示しない照明光学系が配置され、図示しない主制御装置ではレチクルR及びウエハWの相対位置合わせ（アライメント）及び図示しない焦点検出系によるオートフォーカスを行ないつつ、照明光学系からの露光用の照明光ELの下で、レチクルRのパターンの投影光学系PLを介した像をウエハWの各ショット領域に順次露光するようになっている。本実施例では、各ショット領域の露光の際には主制御装置によりウエハステージ20とレチクルステージ27とがそれぞれの駆動手段を介してY軸方向（走査方向）に沿って所定の速度比で相対走査される。

【0020】第1コラム24は、4本の脚部24a~24d（但し、図1では紙面奥側の脚部24dは図示せず）により定盤6上に接触している。脚部24bの+Y方向の側面には、第1コラム24のZ方向の加速度を検出する加速度センサ5Z3が取り付けられている。この加速度センサ5Z3としては、例えばピエゾ抵抗効果型あるいは静電容量型の半導体式加速度センサが使用される。この加速度センサ5Z3の出力も制御装置11（図1では図示省略、図2参照）に入力されている。また、第1コラム24の上板上面の+Y方向端部でかつ+X方向端部となるコーナーの部分には、所定面積の金属板236が貼り付けられている。この金属板236に対向して第1コラム24のZ方向変位を検出する渦電流変位センサから成る変位センサ10Z3（図1では図示省略、図2参照）が設けられている。

【0021】更に、第1コラム24の-Y方向の側面に可動軸35Aが埋め込まれ、可動軸35Aと床上に固定された図示しない支柱との間にアクチュエータ32Aが取り付けられている。アクチュエータ32Aは、アクチュエータ7Aと同様に、図示しない支柱に固定された発磁体よりなる固定子34Aと、可動軸35Aに取り付けられたコイルを含む可動子33Aとから構成され、制御装置11から可動子33A内のコイルに流れる電流を調整することにより、可動軸35Aに対して±X方向に力を与えることができる。同様に、第1コラム24の+Y方向の側面に可動軸35Bが埋め込まれ、可動軸35Bと床上に固定された図示しない支柱との間に、アクチュエータ32Aと同一構成のアクチュエータ32Bが取り

付けられ、制御装置11からの指示により可動軸35Bに対して±X方向に力を与えることができるようになっている。また、第1コラム24の+Y方向の側面の中央部と床上の図示しない支柱との間に、アクチュエータ32Aと同一構成のアクチュエータ32Cが設置され、制御装置11からの指示によりアクチュエータ32Cを介して第1コラム24に対して±Y方向に力を与えることができる。制御装置11による、アクチュエータ32A～32Cの制御方法についても後述する。

【0022】ここで、露光装置100の設置時の定盤6の高さ及び水平レベルの調整について簡単に説明すると、変位センサ10Z1、10Z2、10Z3で計測された定盤6のZ方向変位（高さ）が図示しない除振パッド4A～4Dの制御系（図示省略）に伝えられ、これらのデータを基に除振パッド4A～4Dの制御系は、定盤6の高さを予め設定されている値にすると共に水平レベルを維持するための各除振パッド4A～4Dの高さを算出する。その後、この制御系は、除振パッド4A～4Dの高さをそれぞれその算出された高さに設定する。その後、除振パッド4A～4Dの高さはそれぞれその設定値に維持される。これにより、定盤6に歪みが生ずることがなく、定盤6上のウエハステージ20の位置決め精度等が高精度に維持される。

【0023】本実施形態の露光装置100では、定盤6、ウエハステージ20、ウエハホルダ21、第1コラム24、投影光学系PL、第2コラム26、及びレチクルステージ27等により振動制御の対象となる装置本体としての露光装置本体40（図2参照）が構成されている。

【0024】次に、この露光装置本体40の除振のためのアクチュエータ7A～7D、32A～32Cの制御系について、制御装置11を中心に、図3のブロック図に基づいて説明する。

【0025】制御装置11は、変位センサ10Z1、10Z2、10Z3、10X1、10X2、10Y及び加速度センサ5Z1、5Z2、5Z3、5X1、5X2、5Yの出力に基づいて定盤6を含む露光装置本体40の振動を抑制するようにアクチュエータ7A、7B、7C、7D、32A、32B、32Cを駆動制御する振動制御系と、ウエハステージ20、レチクルステージ27の移動時、例えばスキャン露光のためのウエハステージ20、レチクルステージ27の走査時の重心位置の移動により生じる露光装置本体40の加振量を干渉計30X、30Y、30Rの出力に基づいて予め計算により予測しておき、ステージ加速に伴い露光装置本体40に作用する反力に対する最適なカウンタフォースの指令値を振動制御系にフィードフォワード入力する振動補償系としてのカウンタフォース演算部（CF演算部）66とを有する。このカウンタフォース演算部66は、いわゆるスキャンカウンタの役目も兼ねる。

【0026】これを更に詳述すると、振動制御系は、変

位センサ10Z1、10Z2、10Z3、10X1、10X2、10Yの出力を図示しないA/Dコンバータをそれぞれ介して入力し、露光装置本ローラVXP1、VYP1、VZP1、VXθP1、VYθP1、VZθP1と、これらのコントローラで演算された6自由度のそれぞれの方向の速度制御量を各アクチュエータの位置で発生すべき速度指令値に変換するための非干渉化演算を行なう非干渉化計算部56と、この非干渉化計算部56で変換後の各アクチュエータの位置で発生すべき速度指令値を各アクチュエータで発生すべき推力にそれぞれ変換する推力ゲイン58a～58gとを有する。

【0027】即ち、本実施形態の振動制御系は、変位センサ、位置コントローラ等を含んで構成される位置制御ループの内側に、その内部ループとして加速度センサ、積分器、速度コントローラ等を含んで構成される速度制御ループを有する多重ループ制御系となっている。

【0028】また、振動補償系としてのカウンタフォース演算部66は、レーザ干渉計30X、30Y、30Rの計測値をモニタし、このときのウエハステージ20、レチクルステージ27の移動（各ステージ位置の変動）により生じる露光装置本体40の加振量（各ステージの移動により生じる反力）を演算により予測し、この予測結果に基づいて露光装置本体40の振動、特にヨーイング（Z軸回りの回転）を抑制するのに最適な6自由度の各方向のカウンタフォースの指令値を演算し、装置本体の重心位置Gと各ステージとの位置関係に応じて定まるそれぞれの方向のゲインk1、k2、k3、k4、k5、k6を掛けて、6自由度方向の速度コントローラVXP1、VYP1、VZP1、VXθP1、VYθP1、VZθP1の出力段にそれぞれ設けられた6つの加算器601、602、603、604、605、606を介して振動制御系にフィードフォワード入力するようにしている。

【0029】ここで、レーザ干渉計の計測値、すなわちステージ位置をモニタする意義を図3、図4を用いて簡単に説明する。図3には、WXステージ20Xの位置をモニタしない場合の露光装置本体40の挙動（Z軸回りの回転量（ヨーイング））のシミュレーション結果の一例が示されており、図4には、WXステージ20Xの位置をモニタした場合の露光装置本体40の挙動（ヨーイング）のシミュレーション結果の一例が示されている。この図3、図4の比較から明らかなように、WXステージ20Xの位置をモニタした場合に比べてWXステージ20Xの位置をモニタしない場合の方がヨーイング成分が大きいことがわかる。これはWXステージ20Xが移動することにより、ウエハステージ20（WXステージ20X+WYステージ20Y）の重心位置が変わること、即ち偏心することに依存している。しかしながら、WXステージ位置をモニタすることにより、図4に示されるように、WXステージ位置にかかわらず、ヨーイン

グ成分を殆ど発生させることなく、ステージ加速時のカウンターフォースの指令値をより効果的に与えることができる。

【0030】以上のようにして構成された本実施形態の露光装置100によれば、例えば、スキャン露光の際に、ウエハステージ20、レチクルステージ27がY軸方向に沿って走査され、このステージの移動により露光装置本体40が振動すると、変位センサ10Z1、10Z2、10Z3、10X1、10X2、10Y、加速度センサ5Z1、5Z2、5Z3、5X1、5X2、5Yの出力に基づいて制御装置11の振動制御系によりアクチュエータ7A、7B、7C、7D、32A、32B、32Cが駆動され、露光装置本体40の振動を効果的に抑制される。この場合において、ステージ（例えばWXステージ20X）が移動すると、ステージ全体の重心位置が変わる、すなわち偏心するが、カウンターフォース演算部66ではステージ位置計測用の干渉計30X、30Yを介してWXステージ20Xの位置をリアルタイムでモニタし、その偏心量を考慮することにより、ステージ加速時に伴う反力による露光装置本体の加振を抑制するのに適切なカウンターフォースの指令値を振動制御系にフィードフォワード入力するので、振動制御系により各アクチュエータが駆動され、ステージの位置変化に起因する加振力が相殺されるようなカウンターフォースが露光装置本体40に加えられ、これにより露光装置本体40の加振及びヨーイングが抑制される。従って、本実施形態の装置100では、ステージ位置が変わることによる影響を受けることなく、外乱振動の抑制（制振）効果を向上させることができる。従って、本実施形態の露光装置100によると、ステージの制御性が向上し、走査露光時のレチクルステージ27とウエハステージ20との同期精度の向上、同期安定時間の短縮が可能となり、露光精度の向上、スループットの向上を図ることができる。

【0031】なお、上記実施形態では本発明に係る除振装置がステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の投影露光装置に適用される場合を例示したが、本発明の除振装置はステップ方式の投影露光装置であっても定盤上をステージが移動するものであるから好適に適用できるものである。

【0032】また、上記実施例では、7つのアクチュエータを用いて露光装置本体の6自由度方向の揺れを抑制する場合について例示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、定盤（除振台）の傾斜補正を考慮すれば、アクチュエータとしては、Z方向のアクチュエータが少なくとも3つあれば良い。

【0033】さらに、ステージの位置変化に伴う本体の

加振力を予測し、この予測結果に基づいて装置本体のヨーイングを抑制するのに最適なカウンターフォースの指令値を用いて、この影響を相殺するようにアクチュエータをフィードフォワード制御するという本発明の解決原理は、装置本体の6自由度方向の揺れを阻止する場合にのみ適用されるものではない。例えば、ステージが装置本体の重心位置を移動するように構成されている場合には、ステージが移動しても装置本体は必ずしも6自由度方向に揺動しないが、かかる場合であっても本発明の解決原理は、有効に機能することは明かだからである。かかる意味から、変位センサ、加速度センサ（振動センサ）の数も6つに限られるものではない。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ステージの位置の変化の影響を受けることなく、外乱振動の抑制（制振）効果を向上させることができるという従来にはない優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態に係る投影露光装置を示す斜視図である。

【図2】アクチュエータの制御系の構成を示す制御ブロック図である。

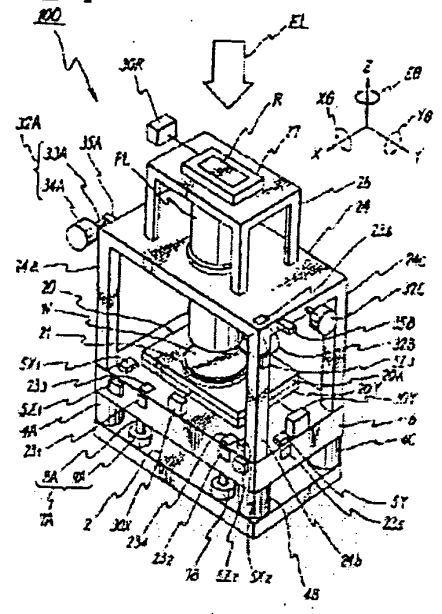
【図3】WXステージの位置をモニタしない場合の露光装置本体の挙動（ヨーイング）のシミュレーション結果の一例を示す線図である。

【図4】WXステージの位置をモニタした場合の露光装置本体の挙動（ヨーイング）のシミュレーション結果の一例を示す線図である。

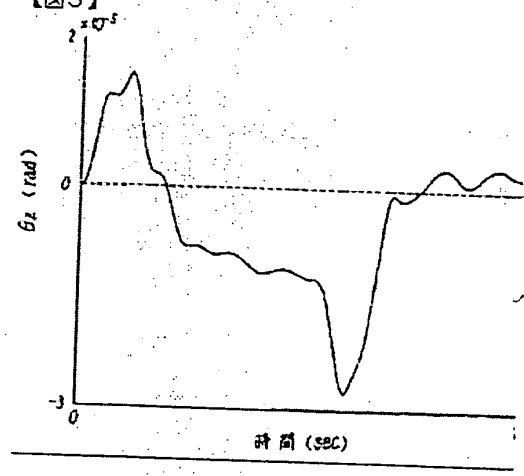
【符号の説明】

4A～4C 除振パッド
5Z1～5Z3, 5Y1, 5Y2, 5X 加速度センサ（振動センサ）
6 定盤（除振台）
7A～7D, 32A～32C アクチュエータ
10Z1～10Z3, 10Y1, 10Y2, 10X 変位センサ
11 制御装置（振動制御系）
20 ウエハステージ（基板ステージ）
27 レチクルステージ
30X, 30Y, 30R レーザ干渉計（位置計測手段）
40 露光装置本体
66 カウンターフォース演算部（振動補償系）
100 露光装置
R レチクル（マスク）
PL 投影光学系
W ウエハ（感光基板）

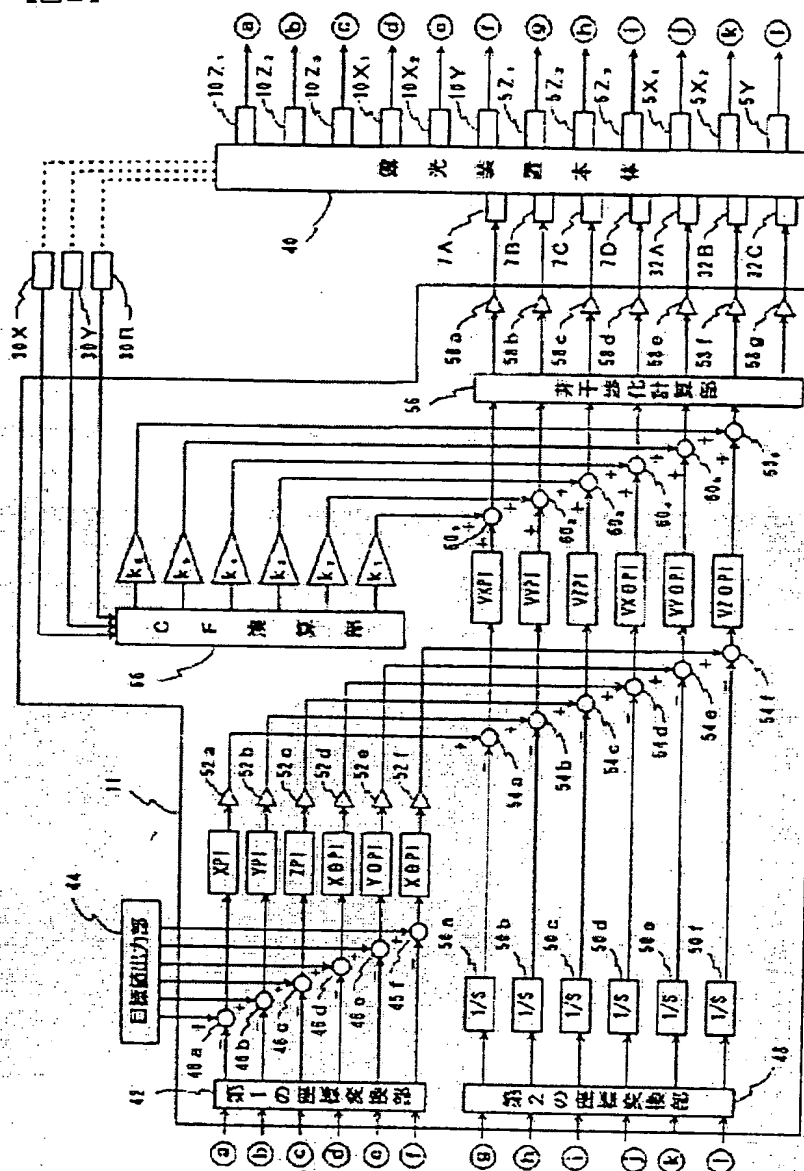
【図1】



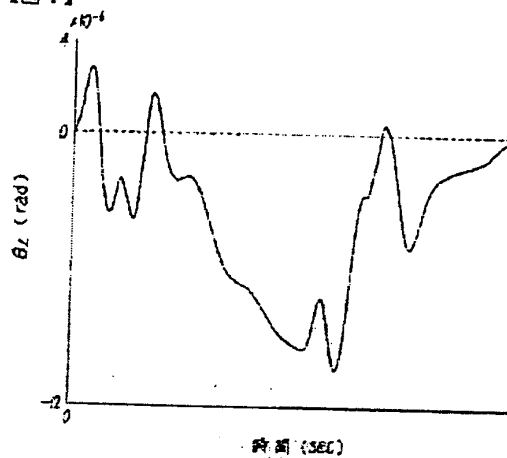
【図3】



【圖2】



【图4】



THIS PAGE BLANK (USPTO)